

грузки зависит от радиального зазора в подшипнике.

Приведены рекомендации по определению оптимального значения осевой нагрузки для однорядных шариковых подшипников.

Библиографический список

1. Черменский О.Н., Федотов Н.Н. Подшипники качения: Справочник – каталог. – М.: Машиностроение, 2003. 576 с.

2. Биргер И.А. и др. Расчёт на прочность деталей машин: Справочник / 3-е издание. – М.: Машиностроение, 1979. 702 с.

3. Балякин В.Б., Жильников Е.П., Самсонов В.Н., Макачук В.В. Теория и проектирование опор роторов авиационных ГТД. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2007. 254 с.

УДК 621.438

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ПРИ СТРУЙНОЙ ГИДРОАБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ ГТД

©2016 А.В. Мещеряков, А.П. Шулепов

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

THE DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODEL ON FORMATION OF SURFACE LAYER DURING THE JET HYDRO ABRASIVE PROCESSING OF GAS TURBINE ENGINE DETAILS

Meshcheryakov A.V., Shulepov A.P. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The work presents the mathematical model of the surface microrelief formation process with abrasive jet machining. The basis of the model is a single act of contact interaction of abrasive particles with treated surface.

Применение струйной гидроабразивной обработки (ГАО) позволяет решить ряд проблем, связанных с обеспечением заданных показателей состояния поверхностного слоя на окончательных операциях изготовления деталей газотурбинных двигателей (ГТД) сложного профиля. Однако до настоящего времени разработка операций струйной ГАО требует значительного объёма опытных работ по выбору оптимальных технологических условий, обеспечивающих заданное состояние поверхностного слоя при максимальной производительности. При этом выбор оптимальных условий обработки является многовариантной задачей, требующей учёта и анализа значительного количества факторов. Поверхностный слой при струйной ГАО формируется за счёт многократных ударов абразивных частиц и возникающих при этом процессов пластического деформирования и микрорезания.

Сложность процессов, происходящих в зоне контакта гидроабразивной струи с поверхностью, требует создания математической модели, позволяющей прогнозировать состояние поверхности и определять опти-

мальные режимы обработки.

Микрорельеф поверхности после струйной ГАО представляет собой совокупность следов (лунок), оставляемых на поверхности частицами абразива. Величина микронеровностей определяется глубиной внедрения частиц в обрабатываемую поверхность.

Формирование микрорельефа при струйной гидроабразивной обработке происходит в течение вполне определённого времени, а затем процесс стабилизируется и шероховатость поверхности не изменяется. Возможны три случая формирования микрорельефа поверхности:

- получаемая после обработки шероховатость поверхности превышает исходную шероховатость;
- формируется новый микрорельеф без изменения величины исходной шероховатости;
- шероховатость поверхности в процессе обработки уменьшается.

Возникновение того или иного случая, а также время, необходимое для формирования нового микрорельефа, зависят от высоты

неровностей исходной поверхности, размеров лунок, оставляемых частицами, и количества частиц, контактирующих с обрабатываемой поверхностью на определённой площади.

Таким образом, реальные технологические особенности процесса формирования микрорельефа позволяют представить его в виде последовательности единичных актов контактного взаимодействия частиц на элементарном участке обрабатываемой поверхности. Такой подход позволяет определять параметры шероховатости после струйной ГАО на основе модели взаимодействия единичной частицы с поверхностью.

В рамках предлагаемой модели исходное состояние микрорельефа поверхности характеризуется максимальной высотой неровностей профиля R_{\max} и средним арифметическим отклонением профиля R_a . Микрорельеф обрабатываемой поверхности представлен в виде изотропной функции $Z = f(x, y)$. Контактное взаимодействие абразивных частиц рассматривается на элементарном участке в виде квадратной площадки с размером стороны, равным базовой длине при исследовании шероховатости. Предположение об изотропности функции Z позволяет существенно упростить моделирование процесса обработки за счёт перехода от пространственного моделирования к моделированию на профиле. Определение формы поверхности и вычисление параметров шероховатости производятся по некоторому сечению, взятому в пределах элементарного участка, причём характеристики шероховатости не будут зависеть от выбора сечения. Пространственное распределение функции Z может быть получено по проекции профиля сечения. При моделировании профиль обрабатываемой поверхности представляется в виде массива чисел $M(i)$, $i \in (1, N_0)$, где $M(i)$ - высота профиля относительно средней линии; i - номер точки профиля; N_0 - число точек профиля.

Абразивные частицы, движущиеся в гидроабразивной струе, моделируются в виде сферы радиусом R . Контактное взаимодействие абразивной частицы с поверхностью рассматривается как внедрение жёсткой сферы в пластическое полупространство. Взаимодействие происходит в случайной

точке профиля i_j , причём в этой точке частица достигает максимальной глубины внедрения h_{\max} .

Каждый единичный акт контактного взаимодействия вызывает определённые изменения в обрабатываемой поверхности. Происходит деформация выступов профиля, удаление материала из лунки, в окрестности точки контакта формируется новый микрорельеф поверхности, изменяется положение средней линии профиля. На рис. 1 показана схема взаимодействия абразивной частицы с поверхностью.

Высота профиля микрорельефа относительно средней линии в точках, где произошла деформация, определяется по формуле:

$$M'_{j \pm n} = M_{i=j} - h_{\max} + R - \sqrt{R^2 - (n\delta)^2},$$

где $M_{i=j}$ - исходная высота профиля в точке j ; h_{\max} - максимальная глубина внедрения; δ - интервал дискретизации профиля; $n = 1, \xi, \zeta$ - число интервалов δ , укладывающихся в размеры радиуса частицы R .

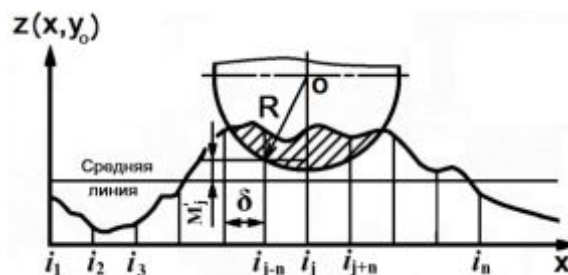


Рис. 1. Схема взаимодействия абразивной частицы с поверхностью

Для описания нового профиля поверхности, полученного в результате моделирования, производится корректировка положения средней линии и определяется высота профиля относительно новой средней линии.

Моделирование процесса обработки в виде последовательности единичных актов взаимодействия не точно отражает реальный процесс, при котором с поверхностью одновременно контактирует большое число абразивных частиц. Однако реальный процесс происходит в течение вполне определённого промежутка времени, и число взаимодействующих с поверхностью абразивных частиц можно определить. Поэтому при осуществлении моделирования по известному числу взаимодействий конечный результат с доста-

точной степенью точности соответствует реальному процессу.

Предлагаемая математическая модель формирования микрорельефа поверхностного слоя является универсальной и позволяет

осуществлять имитационное моделирование для различных характеристик шероховатости исходной поверхности в широком диапазоне изменения технологических параметров струйной ГАО.

УДК 658.51

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ КЛЮЧЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

©2016 А.А. Мещерякова, Г.В. Смирнов

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

OPTIMIZATION OF DESIGN-ENGINEERING WORK DEPARTMENTS OF MACHINERY PRODUCTION ON THE BASIS OF KEY PERFORMANCE FACTORS

Meshcheryakova A.A., Smirnov G.V. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The work presents management problems of the enterprise. Has been presented an integration concept of the key performance factors and control «vector» using IT-technologies based on selected unit. Has been designed, analyzed and presented the results for test pattern information system of data collection.

Управление современным многоотраслевым научно-производственным предприятием в условиях кризисной экономики является весьма сложной многовариантной задачей, на выполнение которой обычно затрачиваются значительные интеллектуальные, финансовые и другие ресурсы.

В условиях постоянного увеличения темпов роста и объёмов производства актуальной задачей для эффективного функционирования предприятия является построение гибкой системы планирования и управления производственными процессами. Большинство российских предприятий решают эту проблему эмпирическим методом, перебором вариантов, что весьма негативно сказывается на результатах их деятельности. Поэтому создание необходимого методико-технического обеспечения, позволяющего оптимизировать работу отдельных подразделений и предприятия в целом, является в настоящее время весьма важной задачей.

Анализ работы одного из крупных машиностроительных предприятий позволил выявить основные организационные, технические и методические трудности при формировании современной и эффективной системы планирования и организации выполнения управленческих решений:

- совмещение опытного, штучного, мелкосерийного и ремонтного производств на одной производственной базе;
- дублирование функций отдельных исполнителей и использование ручного труда при осуществлении управленческих процессов;
- отсутствие соответствующей различным видам производств адекватной модели планирования;
- отсутствие средств и методов для обеспечения руководителей полезной и востребованной (не избыточной) информацией в нужный момент времени.

Для организации эффективного планирования и управления производственными процессами руководителям производственных подразделений необходим инструмент, который наполнял бы процесс принятия решения адекватной и достаточной информацией. Решение поставленной задачи возможно путём интеграции системы ключевых показателей эффективности (KPI) и «вектора» целей управления. Подобные методики по отдельности достаточно широко используются для решения некоторых задач повышения эффективности производства, однако в предлагаемой системе их взаимодействие реализуется посредством интеграции разра-